

一、例题精解

【例题 8.1】判断下列叙述是否正确

(1) 对称的三相交流电流通入对称的三相绕组中, 便能产生一个在空间旋转的、恒速的、幅度按正弦规律变化的合成磁场。

(2) 异步电动机的转子电路中, 感应电动势和电流的频率是随转速而改变的, 转速越高, 则频率越高; 转速越低, 则频率越低。

(3) 三相异步电动机在空载下启动, 启动电流小, 而在满载下启动, 启动电流大。

(4) 当绕线式三相异步电动机运行时, 在转子绕组中串联电阻, 是为了限制电动机的启动电流, 防止电动机被烧毁。

【解】(1) 错误。合成磁场的幅度恒定不变, 并不按正弦规律变化。

(2) 错误。转速越高, 则转差率越低; 转子感应电动势和电流频率越低, 反之则越高。

(3) 错误。启动电流仅与转差率 s 有关, 而与负载转矩无关, 启动时转差率 $s = 1$, 故启动电流不变。

(4) 错误。绕线式三相异步电动机在运行中, 如果在转子绕组中串联电阻, 可以提高转子绕组的功率因数, 目的是为了提高启动转矩, 降低转速(调速)。

【例题 8.2】三相异步电动机电磁转矩与哪些因素有关? 三相异步电动机带动额定负载工作时, 若电源电压下降过多, 往往会使电动机发热, 甚至烧毁, 试说明原因。

【解】三相异步电动机电磁转矩 $T = K \frac{sR_2 U_1^2}{R_2^2 + (sX_{20})^2}$, 与 转差率 s 、转子电阻 R_2 、电源电压 U_1 和转子感抗 X_{20} 有关。转子电阻 R_2 、转子感抗 X_{20} 为电动机的固有参数而保持不变; 当电源电压 U_1 下降时, 为了保持电动机的输出转矩 T 与负载转矩平衡, 必须增加转差率 s , 导致转子电流增加, 使电动机发热而损坏。

【例题 8.3】已知某三相异步电动机在额定状态下运行, 其转速为 1 430r/min, 电源频率为 50Hz, 求:

(1) 电动机的磁极对数 p ;

(2) 额定转差率 s_N ;

(3) 额定运行时的转子电流频率 f_2 ;

(4) 额定运行时定子旋转磁场对转子的转速差。

【解】(1) 由转子转速 1 430 r/min 可知, 其同步转速为 1 500r/min。即磁极对数为 $p = 2$;

(2) 额定转差率为

$$s_N = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{1\,500 - 1\,430}{1\,500} = 0.047$$

(3) 转子电流频率

$$f_2 = sf_1 = 0.047 \times 50 = 2.3\text{Hz}$$

(4) 定转子的转速差

$$n_0 - n = 1\,500 - 1\,430 = 70\text{r/min}$$

【例题 8.4】一台三角形连接的三相异步电动机的额定数据如下:

功率	转速	电压	效率	功率因数	I_{st}/I_N	T_{st}/T_N	T_{max}/T_N
----	----	----	----	------	--------------	--------------	---------------

7.5kW	1 470r/min	380V	86.2%	0.81	7.0	2.0	2.2
-------	------------	------	-------	------	-----	-----	-----

试求：(1) 额定电流和启动电流；(2) 额定转差率；(3) 额定转矩、最大转矩和启动转矩；(4) 在额定负载情况下，电动机能否采用 Δ/Y 启动？

【解】(1) 额定电流和启动电流

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi \eta} = \frac{7.5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.81 \times 86.2\%} = 16.3 \text{ A}$$

$$I_{st} = \left(\frac{I_{st}}{I_N}\right) I_N = 7 \times 16.3 = 114.1 \text{ A}$$

(2) 由 $n=1\,470\text{r/min}$ 可知，其极对数为 2，同步转速为 $1\,500\text{r/min}$ 。所以

$$s_N = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{1\,500 - 1\,470}{1\,500} = 0.02$$

(3) 额定转矩、最大转矩和启动转矩

$$T_N = 9\,550 \times \frac{7.5}{1\,470} = 48.7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{\max} = \left(\frac{T_{\max}}{T_N}\right) \times T_N = 2.2 \times 48.7 = 107.2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{st} = \left(\frac{T_{st}}{T_N}\right) \times T_N = 2.0 \times 48.7 = 97.4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(4) Y 型启动转矩是 Δ 型启动转矩的 $1/3$ ，故

$$T_{stY} = \frac{1}{3} \times T_{st} = \frac{1}{3} \times 97.4 = 32.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

小于电动机的额定转矩 $48.7 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，故不能用星角启动。

二、习题精选

【习题 8.1】试述两个在空间上相隔 90° 的两相绕组中通有相位差为 90° 的两相交流电时，所产生的空间磁场的变化。

【习题 8.2】说明三相异步电动机在何种情况下其转差率为下列数值：(1) $s = 1$ ；(2) $0 < s < 1$ ；(3) $s = 0$ ；(4) $s < 0$ 。

【习题 8.3】在稳定运行的情况下，当负载转矩增加时，异步电动机的转矩为什么也相应增加？当负载转矩大于异步电动机的最大转矩时，电动机将发生什么情况？

【习题 8.4】当异步电动机的负载转矩增大时，定子电流为什么也增大？这时异步电动机的输入功率有何变化？

【习题 8.5】为什么三相异步电动机的启动电流大而启动转矩却不大？

【习题 8.6】三相异步电动机断了一根电源线后，为什么不能启动？而在运行时断了一根线，为什么仍能转动？这两种情况对电动机有何影响？

【习题 8.7】有一台三相异步电动机，其额定转速为 $1\,470\text{r/min}$ ，电源频率为 50Hz ，在 (a) 启动瞬间；(b) 转子转速为额定转速的 $2/3$ 时；(c) 转差率为 0.02 时三种情况下，试求：

(1) 定子旋转磁场对定子的转速；

- (2) 定子旋转磁场对转子的转速；
- (3) 转子旋转磁场对转子的转速；
- (4) 转子旋转磁场对定子的转速；
- (5) 转子旋转磁场对定子旋转磁场的转速。

【习题 8.8】某三相异步电动机的电源电压为 380/220, Y/ 接法。试问当电源电压分别为 380V 和 220V 时, 各应采取什么接法? 在这两种情况下, 它们的额定相电流是否相同? 额定线电流是否相同? 若不同, 差多少倍? 输出功率是否相同?

【习题 8.9】如果把星形连接的三相异步电动机误连成三角形或把三角形连接的三相异步电动机误连成星形, 其后果如何?

【习题 8.10】三相异步电动机在运行时, 若电网电压略微降低, 待稳定后电动机的电磁转矩、电动机的电流有何变化?

【习题 8.11】三相异步电动机的技术数据如下: 220V/380V、/Y、3kW、2 960r/min、50Hz、功率因数 0.88、效率 0.86、 $I_{st}/I_N = 7$ 、 $T_{st}/T_N = 1.5$ 、 $T_{max}/T_N = 2.2$ 。回答下列问题:

- (1) 若电源的线电压为 220V 时, 应如何连接? I_N 、 I_{st} 、 T_N 、 T_{st} 、 T_{max} 各为多少?
- (2) 若电源的线电压为 380V 时, 应如何连接? I_N 、 I_{st} 、 T_N 、 T_{st} 、 T_{max} 各为多少?

【习题 8.12】两对磁极的三相异步电动机的额定功率为 30kW, 额定电压为 380V, 三角形接法, 频率为 50Hz。在额定负载下运行, 其转差率为 0.02, 效率为 90%, 线电流为 57.5A, 试求:

- (1) 转子旋转磁场对转子的转速; (2) 额定转矩; (3) 电动机的功率因数; (4) 若电动机的 $T_{st}/T_N = 1.2$ 、 $I_{st}/I_N = 7$; (5) 用星角变换时的启动转矩和启动电流, 当负载转矩为额定转矩的 60% 和 25% 时, 电动机能否启动?

【习题 8.13】某电动机的额定功率为 15kW, 额定转速为 970r/min, 频率为 50Hz, 最大转矩为 295.36 N·m。试求电动机的过载系数。

三、习题答案

【习题 8.2】(1) 电动机在启动时; (2) 电动机异步旋转时; (3) 电动机在同步旋转时; (4) 电动机的转速超过同步转速时 (发电运行时)。

【习题 8.3】电动机在稳定运行时, 电动机输出的转矩与负载转矩相平衡。当负载转矩超过电动机所能输出的最大转矩时, 电动机将停止转动, 并导致电动机线圈过热而烧毁。

【习题 8.4】当异步电动机的负载转矩增大时, 电动机的转子电流首先增大, 电动机的定子绕组与转子绕组相当于变压器的初级与次级绕组, 因此定子电流成比例增大。此时异步电动机的输入功率将增加。

【习题 8.5】三相异步电动机启动时转差率 $s=1$, 启动时转子的功率因数很低, 而电动机的转矩与转子绕组的功率因数 $\cos \varphi_2$ 成正比, 电动机启动时转差率 $s=1$, 功率因数 $\cos \varphi_2$ 最低。因此, 虽然启动电流很大, 启动转矩却不是很大。

【习题 8.6】三相异步电动机断了一根线后, 其余的两相绕组相当于单相绕组, 由于没有启动绕组, 因此不能旋转; 而在运行时如果断了一个线后, 按单相异步电动机的工作原理, 电动机将继续旋转。两种情况下, 均可引起电动机线圈电流过大而烧毁电动机。

【习题 8.7】(1) (a) 1 500r/min; (b) 1 500r/min; (c) 1 500r/min; (2) (a) 1 500r/min;

(b) 500r/min ;(c)30r/min ;(3)(a)1 500r/min ;(b) 500r/min ;(c)30r/min ;(4) (a)1 500r/min ;
(b)1 500r/min ;(c)1 500r/min ;(5) (a) 0 ;(b) 0 ;(c) 0。

【习题 8.8】电源电压为 380V 时为星形接法；电源电压为 220V 时为角形接法。两种接法时，电动机的额定相电流相同；而额定线电流不相同，角型接法时额定线电流比星型接法时额定线电流大 $\sqrt{3}$ 倍。两种接法时有相同的输出功率。

【习题 8.9】如果把星形连接的三相异步电动机误连成三角形接法，电动机的三相定子绕组额定电压将是原来的 $\sqrt{3}$ 倍，结果将烧毁电动机；如果将三角形连接的三相异步电动机误连成星形，电动机的三相定子绕组额定电压将是原来的 $1/\sqrt{3}$ 倍，使得电动机达不到额定的输出功率。

【习题 8.10】电动机的转矩不变，电动机的电流将根据负载的增大而有所增加。

【习题 8.11】(1) 若电源的线电压为 220V 时，电动机应连成三角形。此时
 $I_N = 10.4\text{A}$, $I_{st} = 72.8\text{A}$, $T_N = 9.7\text{N}\cdot\text{m}$, $T_{st} = 14.5\text{N}\cdot\text{m}$, $T_{\max} = 21.3\text{N}\cdot\text{m}$

(2) 电源的线电压为 380V 时，电动机应连成星形。此时

$I_N = 6.0\text{A}$, $I_{st} = 42.2\text{A}$, $T_N = 9.7\text{N}\cdot\text{m}$, $T_{st} = 14.5\text{N}\cdot\text{m}$, $T_{\max} = 21.3\text{N}\cdot\text{m}$

【习题 8.12】(1) 30r/min ;(2) $195\text{N}\cdot\text{m}$;(3) 0.88 ;(4) $234\text{N}\cdot\text{m}$, 402.5A ;
(5) 60%时不能启动；25%时能启动。

【习题 8.13】 $\lambda = 2$